

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-126337

(43)公開日 平成8年(1996)5月17日

(51)Int.Cl.⁶

H02M 7/48

識別記号

M 9181-5H

J 9181-5H

F I

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全19頁)

(21)出願番号 特願平6-260489

(22)出願日 平成6年(1994)10月25日

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 安藤 太郎

名古屋市東区矢田南五丁目1番14号 三菱

電機株式会社名古屋製作所内

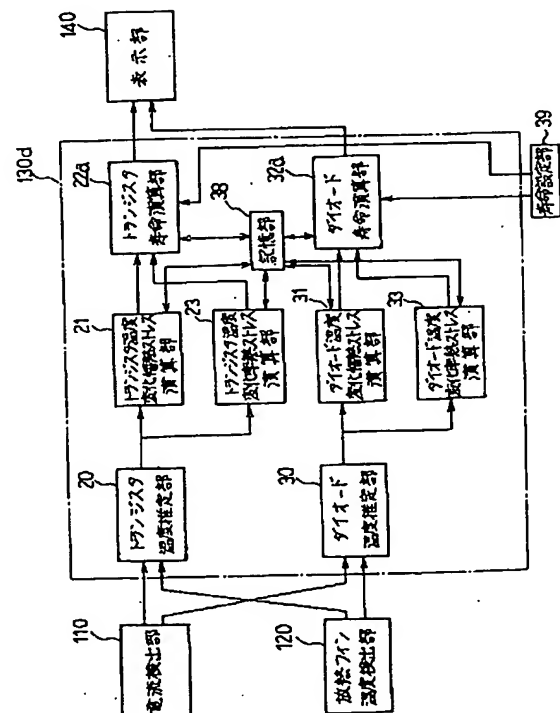
(74)代理人 弁理士 高田 守 (外4名)

(54)【発明の名称】インバータ装置

(57)【要約】

【目的】 電力用半導体素子に流れる電流の急激な変化により電力用半導体素子とヒートスプレッド間に発生した温度差による熱ストレスを考慮して電力用半導体素子の寿命判定をする。

【構成】 電流検出部110からの検出電流と放熱フィン温度検出部120からの検出温度に応じてトランジスタ107の温度を推定するトランジスタ温度推定部20と、推定温度の変化における振幅に基いてトランジスタ107の熱ストレス回数 S_{ti} を演算・積算するトランジスタ温度変化幅熱ストレス演算部21及び推定温度の変化における割合に基いてトランジスタ107の熱ストレス回数 S_{ti} を演算・積算するトランジスタ温度変化率熱ストレス演算部23の出力 S_{ti} 、 S_{ti} とトランジスタ107の固有の許容熱ストレス回数とを比較して、トランジスタ107が寿命となったか否かを判定するトランジスタ寿命判定部22aとから構成される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の電力用半導体素子を有するインバータ装置において、前記電力用半導体素子に流れる電流またはこの電流に応じた電流を検出する電流検出手段と、前記電力用半導体素子に発生する熱に応じた温度を検出する温度検出手段と、前記電流検出手段からの検出電流と前記温度検出手段からの検出温度とに応じて前記電力用半導体素子の温度を推定する温度推定手段と、前記温度推定手段で推定した推定温度の変化における振幅に基いて前記電力用半導体素子の熱ストレスを演算し、積算する温度変化幅熱ストレス演算手段と、前記温度推定手段で推定した推定温度の変化における割合に基いて前記電力用半導体素子の熱ストレスを演算し、積算する温度変化率熱ストレス演算手段と、前記温度変化幅熱ストレス演算手段及び前記温度変化率熱ストレス演算手段の出力と前記電力用半導体素子の固有の許容熱ストレスとを使用して、前記電力用半導体素子の寿命を演算する寿命演算手段と、を備えたことを特徴とするインバータ装置。

【請求項 2】 複数の電力用半導体素子を有するインバータ装置において、前記電力用半導体素子に流れる電流またはこの電流に応じた電流を検出する電流検出手段と、前記電力用半導体素子に発生する熱に応じた温度を検出する温度検出手段と、前記電流検出手段からの検出電流と前記温度検出手段からの検出温度とに応じて前記電力用半導体素子の温度を推定する温度推定手段と、前記電力用半導体素子の期待される寿命時間を設定する期待寿命時間設定手段と、運転時間を設定する運転時間設定手段と、前記運転時間設定手段で設定された設定時間毎に前記温度推定手段で推定した推定温度の変化における振幅に基いて前記電力用半導体素子の熱ストレスを演算する設定時間当り温度変化幅熱ストレス演算手段と、前記運転時間設定手段で設定された設定時間毎に前記温度推定手段で推定した推定温度の変化における割合に基いて前記電力用半導体素子の熱ストレスを演算する設定時間当り温度変化率熱ストレス演算手段と、前記設定時間当り温度変化幅熱ストレス演算手段及び前記設定時間当り温度変化率熱ストレス演算手段の出力に基いて算出した設定時間当りの熱ストレスと前記期待寿命時間設定手段で設定された期待寿命時間から求められた設定時間当りの許容熱ストレスとを比較し、前記電力用半導体素子の寿命が前記期待寿命時間を越えていないかを判定する設定時間当り寿命判定手段と、を備えたことを特徴とするインバータ装置。

【請求項 3】 複数の電力用半導体素子を有するインバータ装置において、前記電力用半導体素子に流れる電流またはこの電流に応じた電流を検出する電流検出手段と、前記電力用半導体素子に発生する熱に応じた温度を検出する温度検出手段と、前記電流検出手段からの検出電流と前記温度検出手段からの検出温度とに応じて前記

電力用半導体素子の温度を推定する温度推定手段と、運転時間を設定する運転時間設定手段と、前記運転時間設定手段で設定された設定時間毎に前記温度推定手段で推定した推定温度の変化における振幅に基いて前記電力用半導体素子の熱ストレスを演算する設定時間当り温度変化幅熱ストレス演算手段と、前記運転時間設定手段で設定された設定時間毎に前記温度推定手段で推定した推定温度の変化における割合に基いて前記電力用半導体素子の熱ストレスを演算する設定時間当り温度変化率熱ストレス演算手段と、前記設定時間当り温度変化幅熱ストレス演算手段及び前記設定時間当り温度変化率熱ストレス演算手段の出力に基いて前記電力用半導体素子の運転可能寿命を推定する寿命推定手段と、を備えたことを特徴とするインバータ装置。

【請求項 4】 複数の電力用半導体素子を有するインバータ装置において、前記電力用半導体素子に流れる電流またはこの電流に応じた電流を検出する電流検出手段と、前記電力用半導体素子に発生する熱に応じた温度を検出する温度検出手段と、前記電流検出手段からの検出電流と前記温度検出手段からの検出温度とに応じて前記電力用半導体素子の温度を推定する温度推定手段と、前記電力用半導体素子の期待される寿命時間を設定する期待寿命時間設定手段と、運転時間を設定する運転時間設定手段と、前記運転時間設定手段で設定された運転時間における前記電力用半導体素子の寿命の判定または寿命の推定の少くとも 1 つを実効するか否かの選択をする運転時間チェック選択手段と、前記期待寿命時間設定手段、前記運転時間設定手段および前記運転時間チェック選択手段で設定された設定データを記憶する設定データ記憶手段と、前記運転時間チェック選択手段の選択が無効の場合には前記温度推定手段で推定した推定温度の変化における振幅に基いて前記電力用半導体素子の熱ストレスを演算・積算し、有効の場合には更に前記運転時間設定手段で設定された設定時間毎に前記電力用半導体素子の熱ストレスを演算する設定時間当り温度変化幅熱ストレス演算手段と、前記運転時間チェック選択手段の選択が無効の場合には、前記温度推定時間毎に推定した推定温度の変化における割合に基いて前記電力用半導体素子の熱ストレスを演算・積算し、有効の場合には更に前記運転時間設定手段で設定された設定時間毎に前記電力用半導体素子の熱ストレスを演算する設定時間当り温度変化率熱ストレス演算手段と、前記運転時間チェック選択手段の選択が無効の場合には前記設定時間当り温度変化幅熱ストレス演算手段及び前記設定時間当り温度変化率熱ストレス演算手段の出力と前記電力用半導体素子の固有の熱ストレスとを比較し前記電力用半導体素子が寿命になったか否かを判定し、有効の場合には前記設定時間当り温度変化幅熱ストレス演算手段及び前記設定時間当り温度変化率熱ストレス演算手段の出力に基いて算出した設定時間当りの熱ストレスと前記期待寿命時間設定手

10

20

30

40

50

段で設定された期待寿命時間から求められた設定時間当り許容熱ストレスとを比較し、前記電力用半導体素子の寿命が前記期待寿命時間を越えていないかを判定する設定時間当り寿命判定手段と、前記運転時間チェック選択手段の選択が有効の場合、前記電力用半導体素子の運転可能寿命を推定する寿命推定手段と、を備えたことを特徴とするインバータ装置。

【請求項 5】 寿命判定手段、設定時間当り寿命判定手段または寿命推定手段の出力を表示する表示手段を備えたことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかに記載のインバータ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、インバータ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 インバータ装置の主回路部を構成するコンバータ部のダイオード、インバータ部のトランジスタ及び帰還ダイオードなどの電力用半導体素子の寿命判定については、従来は定期点検時に電力用半導体素子の各端子間抵抗チェック等で行っていた。しかし、電力用半導体素子の寿命は周囲温度や使用条件により大きく左右され、劣化はある時期より急激に進むことが多いため、異常を発見できず使用中にインバータ装置の故障となる場合があった。

【0003】 図 8 および図 9 は、例えば特開平 3 - 2 6 1 8 7 7 号公報に示された従来のインバータ装置の構成図および電力用半導体素子の寿命を判定するインバータ装置内の制御部の構成図であり、電力用半導体素子内のジャンクション温度の上昇、下降による熱疲労により電力用半導体素子の寿命を推定し、寿命に達した部品を表示することにより、作業者が容易に判断できるようになり、故障を未然に防ぐというもので、以下説明する。

【0004】 図 8 において、100 はインバータ装置、200 は交流電源、300 はインバータ装置 100 の負荷としての誘導電動機、101 は交流電源 200 からの交流電力を直流電力に変換するコンバータ部、102 は直流電力を交流電力に変換するインバータ部、103 はコンバータ部 101 またはインバータ部 102 で生ずる電圧リブルを吸収する平滑回路部、104 はコンバータ部 101、インバータ部 102 及び平滑回路部 103 とから構成される主回路部である。主回路部 104 内において、105 は整流ダイオード、106 は平滑コンデンサ、107 はトランジスタ、108 はトランジスタ 107 と逆並列に接続される帰還ダイオードであり、整流ダイオード 105、トランジスタ 107 及び帰還ダイオード 108 を以下電力用半導体素子と記す。

【0005】 また、110 はインバータ装置 100 の出力電流を検出する電流検出部、120 はインバータ装置の放熱フィン（図示せず）に取付けられた温度検出部、

130 は主回路部 104 を駆動するための制御信号を与える制御部、131 は制御部 130 の指令によりトランジスタ 107 を駆動するトランジスタ駆動部、140 は制御部 130 での演算結果や設定データ等を表示する表示部である。なお、主回路部 104 を構成する電力用半導体素子は、図示しない放熱フィンに取付けられている。

【0006】 図 9 において 110 は電力用半導体素子に流れる電流に応じた電流を検出する電流検出部、120 は放熱フィンの温度を検出する放熱フィン温度検出部、20 は電流検出部 110 より得られる検出電流と放熱フィン温度検出部 120 より得られる検出温度よりトランジスタのジャンクション温度を推定するトランジスタ温度推定部、21 はトランジスタのジャンクション温度の変化幅を検出し、トランジスタの疲労程度を示す熱ストレス回数を求めるトランジスタ温度変化幅熱ストレス演算部、22 は熱ストレス回数が疲労限界に達したことを判定するトランジスタ寿命判定部、140 は熱ストレス回数が疲労限界に達したときアラームを表示する表示部である。図においてダイオード温度推定部 30、ダイオード温度変化幅熱ストレス演算部 31、ダイオード寿命判定部 32 は対象をトランジスタからダイオードに置き換えたもので、トランジスタ温度推定部 20、トランジスタ温度変化幅熱ストレス演算部 21、トランジスタ寿命判定部 22 と同様の処理を行うものである。

【0007】 図 10 はインバータ装置の運転、停止に伴う電力用半導体素子内部のジャンクション温度 T_j の変化の一例を示すグラフである。図において、曲線 150 はトランジスタ温度推定部 20 又はダイオード温度推定部 30 で求めたトランジスタ又はダイオードのジャンクション温度の変化を示すもので、 $T_{j, \min}$ は極小値、 $T_{j, \max}$ は極大値、 $T_{j, \min}$ 、 $T_{j, \max}$ はジャンクション温度の変化の振幅（以下、温度変化幅と記す）である。

【0008】 また、図 11 はトランジスタ温度変化幅熱ストレス演算部 21 及びダイオード温度変化幅熱ストレス演算部 31 の演算のフローチャートである。以下、図 11 を中心に図 8 ないし図 10 のトランジスタ 107 を例として動作の説明をする。図 9 のトランジスタ温度変化幅熱ストレス演算部 21 では、トランジスタ温度推定部 20 で推定した図 8 のトランジスタ 107 のジャンクション温度 T_j の変化が図 10 の曲線 150 に示すように上昇から下降、または下降から上昇との極値となったかを確認し、温度変化値の最大値、または最小値と判断し、温度変化幅を求め、この温度変化幅より熱ストレスを演算している。以下具体的な動作を図 11 のフローによって説明する。図 11 のステップ 411 は、トランジスタ 107 のジャンクション温度 T_j が最大または最小かをチェックするもので、最大または最小でない場合は、NO に進み無処理でエンドへ抜ける。

【0009】また、トランジスタジャンクション温度 T_j が最大または最小の場合はYESに進み、ステップ412に於て最小値と次の最大値の差または最大値と次の最小値の差 ΔT_{jv} を求め、即ち、図10の、 ΔT_{jv1} 、 ΔT_{jv2} 、 ΔT_{jv3} を求め、次のステップ413で図8のトランジスタ107の寿命を、温度変化に起因する熱ストレスと置換え、1回の温度変化幅に対する熱ストレスを次式により算出し、熱ストレス回数とする。

$$\Delta S t_i = (\Delta T_{jv} / \Delta T_{j1})^2 \cdot 1 / 2$$

ここで、 $\Delta S t_i$ は1回の温度変化幅に対する熱ストレス回数、 ΔT_{jv} は温度変化幅、 ΔT_{j1} は主回路部104のトランジスタ107の寿命を許容する熱ストレス回数と置き換える際の基準となる基準温度差である。

【0010】次にステップ414により累積値であるトランジスタ温度変化幅熱ストレス回数 $S t_i$ に、1回の温度変化幅による熱ストレス回数 $\Delta S t_i$ を加算し、 $S t_i \leftarrow S t_i + \Delta S t_i$

$S t_i$ を演算し、エンドとなる。上記の様に、トランジスタのジャンクション温度 T_j が極値となる毎に、トランジスタ温度変化幅熱ストレス回数 $S t_i$ が更新されることになる。

【0011】次いで、図9のトランジスタ寿命判定部22において、上記トランジスタ温度変化幅熱ストレス演算部21で演算したトランジスタ温度変化幅熱ストレス回数 $S t_i$ とあらかじめ設定したトランジスタ107の固有の寿命から求められたトランジスタ許容熱ストレス回数 $S t_{lim}$ と比較することにより、トランジスタ107が疲労に達したか否かを判定し、トランジスタ温度変化幅熱ストレス回数 $S t_i$ が許容熱ストレス回数を越えた場合には、図9の表示部140にてトランジスタ107が寿命となった旨アラーム表示をする。

【0012】又、上記では電力用半導体素子のうちトランジスタ107について説明したが、ダイオード105及び108についても同様であり、説明を省略する。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】以上、説明した様に従来のインバータ装置100の主回路部104に使用されている電力用半導体素子の寿命については、電力用半導体素子で発生する熱の温度変化による疲労を、温度変化幅による熱ストレスとしてとらえ、判定を行っていた。又、電力用半導体素子の実装においても、配線板上にダイボンディングされることが多くなってきている。即ち、図12は図8のインバータ装置100の主回路部104を構成するインバータ部102のトランジスタ107の実装における要部拡大図であって、トランジスタ107は図示するごとく、トランジスタ107の発熱を放出するためのヒートスプレッド160上に接合部材161を介して保持され、ボンディングワイヤ162により配線板163上のリード164と接続されており、165は放熱フィンである。又、図12は電力用半導体素子

としてトランジスタ107の例を示したがダイオード105及び108の場合も同様である。

【0014】従来のものは、熱ストレスにおいて図12のトランジスタ107とヒートスプレッド160とを同程度の温度として一緒に扱っていたが、急峻な立上り、立下りが要求される工作機械用、又は正転、逆転などの繰返し頻度の高い荷役搬送用などの用途においては、電力用半導体素子に流れる電流の急激な変化によるトランジスタ107などの電力用半導体素子とヒートスプレッド160間に発生する温度差を考慮しなくては、電力用半導体素子とヒートスプレッド間の接合部材161の疲労を十分に判断することができないという問題点があった。

【0015】また、電力用半導体素子の寿命となる疲労破壊のレベルに達した時点でアラームとする処理を行っていたため、寿命になる以前にインバータ装置の使用方法を改善するなどの延命処置ができないという問題点があった。

【0016】この発明は上記のような問題点を解消するためになされたもので、電力用半導体素子とヒートスプレッド間に発生する温度差を考慮した接合部材の疲労を判断することができるとともに、電力用半導体素子の寿命になる以前に使用方法を改善するなどの延命処置ができるインバータ装置を得ることを目的としている。

【0017】

【課題を解決するための手段】この発明におけるインバータ装置は、電力用半導体素子に流れる電流に応じた電流を検出する電流検出手段からの検出電流と電力用半導体素子に発生する熱に応じた温度を検出する温度検出手段からの検出温度とに応じて温度推定手段で推定した電力用半導体素子の推定温度の変化における振幅に基いて電力用半導体素子の熱ストレスを演算し、積算する温度変化幅熱ストレス演算手段、及び推定温度の変化における割合に基いて電力用半導体素子の熱ストレスを演算し、積算する温度変化率熱ストレス演算手段の出力と電力用半導体素子の固有の許容熱ストレスとを使用して、電力用半導体素子の寿命を演算する寿命演算手段とを備えたものである。

【0018】また、この発明のインバータ装置は、電力用半導体素子に流れる電流に応じた電流を検出する電流検出手段からの検出電流と電力用半導体素子に発生する熱に応じた温度を検出する温度検出手段からの検出温度とに応じて温度推定手段で電力用半導体素子の温度を推定し、運転時間を設定する運転時間設定手段で設定された設定時間毎に電力用半導体素子の推定温度の変化における振幅に基いて電力用半導体素子の熱ストレスを演算する設定時間当り温度変化幅熱ストレス演算手段、及び、運転時間設定手段で設定された設定時間毎に電力用半導体素子の推定温度の変化における割合に基いて電力用半導体素子の熱ストレスを演算する設定時間当り温度

10

20

30

40

50

変化率熱ストレス演算手段の出力に基いて算出した設定時間当りの熱ストレスと期待寿命時間設定手段で設定された電力用半導体素子の期待寿命時間から求められた設定時間当りの許容熱ストレスとを比較し、算出された電力用半導体素子の寿命が期待寿命時間を越えていないかを判定する設定時間当り寿命判定手段とを備えたものである。

【0019】また、この発明のインバータ装置は、電力用半導体素子に流れる電流に応じた電流を検出する電流検出手段からの検出電流と電力用半導体素子に発生する熱に応じた温度を検出する温度検出手段からの検出温度とに応じて温度推定手段で電力用半導体素子の温度を推定し、運転時間を設定する運転時間設定手段で設定された設定時間毎に電力用半導体素子の推定温度の変化における振幅に基いて電力用半導体素子の熱ストレスを演算する設定時間当り温度変化幅熱ストレス演算手段、及び運転時間設定手段で設定された設定時間毎に電力用半導体素子の推定温度の変化における割合に基いて電力用半導体素子の熱ストレスを演算する設定時間当り温度変化率熱ストレス演算手段の出力に基いて電力用半導体素子の運転可能寿命を推定する寿命推定手段とを備えたものである。

【0020】さらに、この発明によるインバータ装置は、電力用半導体素子に流れる電流に応じた電流を検出する電流検出手段からの検出電流と電力用半導体素子に発生する熱に応じた温度を検出する温度検出手段からの検出温度とに応じて温度推定手段で電力用半導体素子の温度を推定し、電力用半導体素子の期待される寿命時間を設定する期待寿命時間設定手段と、運転時間を設定する運転時間設定手段と、運転時間設定手段で設定された運転時間における電力用半導体素子の寿命の判定または寿命の推定の少くとも1つを実効するか否かの選択をする運転時間チェック選択手段とで設定された設定データを記憶する設定データ記憶手段と、運転時間チェック選択が無効の場合には電力用半導体素子の推定温度の変化における振幅に基いて電力用半導体素子の熱ストレスを演算・積算し、有効の場合には更に設定時間毎に電力用半導体素子の熱ストレスを演算する設定時間当り温度変化幅熱ストレス演算手段と、運転時間チェック選択が無効の場合には、電力用半導体素子の推定温度の変化における割合に基いて電力用半導体素子の熱ストレスを演算・積算し、有効の場合には更に設定時間毎に電力用半導体素子の熱ストレスを演算する設定時間当り温度変化率熱ストレス演算手段と、運転時間チェック選択が無効の場合には設定時間当り温度変化幅熱ストレス演算手段及び設定時間当り温度変化率熱ストレス演算手段の出力と電力用半導体素子の固有の熱ストレスとを比較し電力用半導体素子が寿命になったか否かを判定し、有効の場合には設定時間当り温度変化幅熱ストレス演算手段及び設定時間当り温度変化率熱ストレス演算手段の出力に基

て算出した設定時間当りの熱ストレスと期待寿命時間設定手段で設定された期待寿命時間から求められた設定時間当り許容熱ストレスとを比較し、電力用半導体素子の寿命が期待寿命時間を越えていないかを判定する設定時間当り寿命判定手段と、運転時間チェック選択が有効の場合、電力用半導体素子の運転可能寿命を推定する寿命推定手段とを備えたものである。

【0021】さらにまた、この発明によるインバータ装置は、寿命判定手段、設定時間当り寿命判定手段または寿命推定手段の出力を表示する表示手段を備えたものである。

【0022】

【作用】この発明におけるインバータ装置はその寿命演算手段が、電力用半導体素子の推定温度の変化における振幅に基いて前記電力用半導体素子の熱ストレスを演算し、積算する温度変化幅熱ストレス演算手段及び電力用半導体素子の推定温度の変化における割合に基いて前記電力用半導体素子の熱ストレスを演算し、積算する温度変化率熱ストレス演算手段の出力と電力用半導体素子の固有の許容熱ストレスとを使用して、電力用半導体素子の寿命を演算するので、電力用半導体素子に流れる電流の急激な変化による電力半導体素子とヒートスプレッド間に発生する温度差にも考慮されたものとなる。

【0023】また、この発明のインバータ装置は、その設定時間当り寿命判定手段が、寿命時間を比較する運転時間を設定する運転時間設定手段で設定された設定時間毎に電力用半導体素子の推定温度の変化における振幅に基いて電力用半導体素子の熱ストレスを演算する設定時間当り温度変化幅熱ストレス演算手段、及び運転時間設定手段で設定された設定時間毎に電力用半導体素子の推定温度の変化における割合に基いて電力用半導体素子の熱ストレスを演算する設定時間当り温度変化率熱ストレス演算手段の出力に基いて算出した設定時間当りの熱ストレスと期待寿命時間設定手段で設定された電力用半導体素子の期待寿命時間から求められた設定時間当りの許容熱ストレスとを比較し、算出された電力用半導体素子の寿命が前記期待寿命時間を越えていないかを判定したので、設定時間の運転で期待寿命時間だけ運転可能か否かの判定が可能となる。

【0024】また、この発明によるインバータ装置は、その寿命判定手段が、寿命時間を比較する運転時間を設定する運転時間設定手段で設定された設定時間毎に電力用半導体素子の推定温度の変化における振幅に基いて電力用半導体素子の熱ストレスを演算する設定時間当り温度変化幅熱ストレス演算手段、及び運転時間設定手段で設定された設定時間毎に電力用半導体素子の推定温度の変化における割合に基いて電力用半導体素子の熱ストレスを演算する設定時間当り温度変化率熱ストレス演算手段の出力に基いて電力用半導体素子の運転可能寿命を推定するので、その運転可能寿命がわかる。

【0025】また、この発明のインバータ装置によれば、その運転時間チェック選択手段が、寿命時間を比較する運転時間を設定する運転時間設定手段で設定された運転時間における電力用半導体素子の寿命の判定または寿命の推定の少くとも1つを実効するか否かの選択をする。また、この発明の設定時間当り温度変化幅熱ストレス演算手段は、運転時間チェック選択が無効の場合には電力用半導体素子の推定温度の変化における振幅に基いて電力用半導体素子の熱ストレスを演算・積算し、有効の場合には更に設定時間毎に電力用半導体素子の熱ストレスを演算する。また、この発明の設定時間当り温度変化率熱ストレス演算手段は、運転時間チェック選択が無効の場合には、電力用半導体素子の推定温度の変化における割合に基いて電力用半導体素子の熱ストレスを演算・積算し、有効の場合には更に設定時間毎に前記電力用半導体素子の熱ストレスを演算する。また、この発明の設定時間当り寿命判定手段は、運転時間チェック選択が無効の場合には設定時間当り温度変化幅熱ストレス演算手段及び設定時間当り温度変化率熱ストレス演算手段の出力と電力用半導体素子の固有の熱ストレスとを比較し電力用半導体素子が寿命になったか否かを判定し、有効の場合には設定時間当り温度変化幅熱ストレス演算手段及び設定時間当り温度変化率熱ストレス演算手段の出力に基いて算出した設定時間当りの熱ストレスと期待寿命時間設定手段で設定された期待寿命時間から求められた設定時間当り許容熱ストレスとを比較し、電力用半導体素子の寿命が期待寿命時間を越えていないかを判定する。また、この発明の寿命推定手段は、運転時間チェック選択が有効の場合、電力用半導体素子の運転可能寿命を推定する。

【0026】さらにまた、この発明のインバータ装置によれば、表示手段は寿命判定手段、設定時間当り寿命判定手段、または寿命推定手段の出力を表示するので、電力用半導体素子の寿命、また設定時間の運転で期待寿命だけ運転可能か否か、また設定時間の運転における運転可能寿命が容易に判別できる。

【0027】

【実施例】

実施例1. 図1は、この発明の一実施例による電力用半導体素子の寿命を判定する制御部の構成図である。図において、図8～図12と同一符号は同一又は相当部分を示すもので、23は電力用半導体素子としての図8のトランジスタ107の温度変化の割合に基いてトランジスタ107の熱ストレス回数を演算・積算するトランジスタ温度変化率熱ストレス演算部、22aはトランジスタ温度変化幅熱ストレス演算部21とトランジスタ温度変化率熱ストレス演算部23の出力に基いてトランジスタ107の寿命を演算するトランジスタ寿命演算部、33は図8のダイオード105及び108の温度変化の割合に基いてダイオード105及び108の熱ストレス回数

を演算・積算するダイオード温度変化率熱ストレス演算部、32aはダイオード温度変化幅熱ストレス演算部31とダイオード温度変化率熱ストレス演算部33の出力に基いてダイオード105及び109の寿命を演算するダイオード寿命演算部である。また、38はトランジスタ温度変化幅熱ストレス演算部21、トランジスタ温度変化率熱ストレス演算部23、トランジスタ寿命判定部22a、ダイオード温度変化幅熱ストレス演算部31、ダイオード温度変化率熱ストレス演算部33、ダイオード寿命判定部32aの出力データを記憶する記憶部、39はトランジスタおよびダイオードの固有の寿命を設定する設定部である。

【0028】図2はインバータ装置の運転、停止に伴う電力用半導体素子内部のジャンクション温度 T_j 、及び温度変化率 $|dT_j/dt|$ の変化の一例を示すグラフである。図において、曲線151は電力用半導体素子のジャンクション温度 T_j の時間変化の例、曲線152はジャンクション温度 T_j の変化に対応したジャンクション温度 T_j の変化の割合（温度変化率 $|dT_j/dt|$ ）を示しており、電力用半導体素子を流れる急激な電流の変化により発生する熱により、図12のトランジスタ107とヒートスプレッド160間に生ずる温度差を考慮した熱ストレス回数を算出するために使用する。

【0029】また、図3は図1のトランジスタ温度変化率熱ストレス演算部23及びダイオード温度変化率熱ストレス演算部33の演算のフローチャートである。以下、この発明の実施例1について図3のフローチャートを中心に図8のトランジスタ107を例として図1及び図2により動作の説明をする。まずステップ501に於て、図1のトランジスタ温度変化率熱ストレス演算部23では、トランジスタ温度推定部20の出力である図2(a)のトランジスタジャンクション温度 T_j の時間変化曲線151から、温度の変化の割合（以後、温度変化率と記す） ΔT_{j1} を、例えばあらかじめ設定したごく短い一定時間 Δt 内のトランジスタジャンクション温度 T_j の温度変化幅として次式

$$\Delta T_{j1} = |\Delta T_j / \Delta t|$$

として算出する。次に、ステップ502で温度変化率 ΔT_{j1} を電力用半導体素子の固有な式として、例えば $\Delta S_{t1} = m \cdot (n \cdot |\Delta T_{j1}|)^k$ を用い、 Δt 時間当りの温度変化率熱ストレス回数 ΔS_{t1} を算出する。ここで、 m 、 n 、 k は電力用半導体素子の形状、部材の材質によって決まる定数である。

【0030】次にステップ503により Δt 時間当りの温度変化率熱ストレス回数 ΔS_{t1} と、所定値 ΔS_{t1s} と大小比較を行い、 $\Delta S_{t1} < \Delta S_{t1s}$ の場合にはNOへ進み無処理でエンドへ抜ける。また、 $\Delta S_{t1} \geq \Delta S_{t1s}$ の場合は、YESに進みステップ504により積算値であるトランジスタ温度変化率熱ストレス回数 S_{t1} に Δt 時間当りの温度変化率熱ストレス回数 ΔS_{t1} を

加算し、

$$St_i \leftarrow St_i + \Delta St_i$$

St_i を演算し、エンドとなる。

【0031】上記図3のフローチャートではΔt時間当りの温度変化率熱ストレス回数ΔSt_iが、所定値ΔSt_i以上の場合のみ、トランジスタ温度変化率熱ストレス回数St_iに加算したが、大小判別せずに加算してもよい。

【0032】次に、図1のトランジスタ寿命演算部22aでは、熱ストレス回数Stをトランジスタ温度変化幅熱ストレス演算部21で演算し、積算したトランジスタ温度変化幅熱ストレス回数St₁とトランジスタ温度変化率熱ストレス演算部23で演算し、積算したトランジスタ温度変化率熱ストレス回数St₂とを加算し、 $St = St_1 + St_2$

あらかじめ設定されたトランジスタ107固有の寿命から求められた許容熱ストレス回数St_{lim}と比較することにより、トランジスタ107が疲労に達したか否かを判定し、熱ストレス回数Stが許容熱ストレス回数を越えた場合には、図1の表示部140に対してトランジスタ107が寿命となった旨のアラーム表示指令などのアラーム処理を行う。又、許容熱ストレス回数St_{lim}から熱ストレス回数Stを減算し、あらかじめ設定されたトランジスタ107固有の寿命をt_{lim}として下式により、残りの寿命時間t_{res}を求め、 $t_{res} = t_{lim} \times \{ (St_{lim} - St) / St_{lim} \}$

図1の表示部140に残りの寿命時間として表示指令を行う。

【0033】又、上記図3及び図11の熱ストレス回数St₁、St₂の演算のフローチャートはインバータ装置の電源投入後は繰り返し起動され、常時熱ストレス回数St₁、St₂を積算するものである。又、上記説明では1回の温度変化幅によるトランジスタ温度変化幅熱ストレス回数ΔSt_iの算出において、インバータ装置100の運転中についてトランジスタ107のジャンクション温度T_jの最大値、最小値の判定を極値であるか否かで判定している例を示したが、電源投入後の初回のΔSt_i算出については、電源投入時に電流検出部110の検出した検出電流及び放熱フィン温度検出部120の検出した検出温度に応じてトランジスタ温度推定部20で推定した温度を初回の最小値または最大値として使用する。又、電源OFFを含む1回の温度変化幅によるトランジスタ温度変化幅熱ストレス回数ΔSt_iの算出については、電源OFF時に最後に判定したトランジスタ107のジャンクション温度T_jの極値及び電源OFF時の検出電流、検出温度を記憶部（図示せず）にセーブしておき、次回電源投入時に行うようにすることで対応可能である。上記のようにトランジスタ温度変化幅熱ストレス回数とトランジスタ温度変化率熱ストレス回数とから求めた熱ストレス回数をトランジスタの許容熱ス

トレス回数と比較して、トランジスタの疲労を判定するようにしたので、トランジスタに流れる電流の急激な変化によりトランジスタとヒートスプレッド間に発生する温度差をも考慮したトランジスタの寿命判定ができるようになる。又、上記では電力用半導体素子のうち図8のトランジスタ107について説明したが、ダイオード105及び108についても同様であり、説明を省略する。

【0034】実施例2. 図4はこの発明の他の実施例による電力用半導体素子の寿命を判定又は推測する制御部の構成図である。図において、図1と同一符号は同一又は相当部分を示し、その説明を省略する。38aはトランジスタサイクル時間温度変化幅熱ストレス演算部24、トランジスタサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部25、トランジスタサイクル時間寿命判定部26、ダイオードサイクル時間温度変化幅熱ストレス演算部34、ダイオードサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部35、ダイオードサイクル時間寿命判定部36の出力データを記憶する記憶部、39aはトランジスタおよびダイオードの固有の寿命を設定する設定部である。40は接合部材をも考慮した電力用半導体素子の期待寿命t_eを設定する期待寿命時間設定部、41は設定期間当りの平均熱ストレス回数を求めるためのサイクル時間t_cを設定する運転時間設定手段としてのサイクル時間設定部、42はサイクル時間設定部41で設定されたサイクル時間t_cにより電力用半導体素子の寿命の判定または寿命の推定の少くとも1つを実効するか否かの選択を行うサイクル時間チェック選択部、43は期待寿命時間設定部40、サイクル時間設定部41及びサイクル時間チェック選択部42で設定された設定データを記憶する設定データ記憶部である。

【0035】又、図において24はサイクル時間チェック選択部42の選択が無効の場合にはトランジスタ温度推定部20の出力である推定温度の変化における振幅に基いてトランジスタ107の熱ストレスを演算・積算し、有効の場合には更にサイクル時間設定部41で設定されたサイクル時間t_c（一般にはサイクル運転の運転時間、又は電源が投入されてから遮断されるまでの運転時間として設定される）毎に熱ストレスを演算するトランジスタサイクル時間温度変化幅熱ストレス演算部である。25はサイクル時間チェック選択部42の選択が無効の場合には、トランジスタ温度推定部20の出力である推定温度の変化における割合に基いてトランジスタ107の熱ストレスを演算・積算し、有効の場合には更にサイクル時間設定部41で設定されたサイクル時間t_c毎に熱ストレスを演算するトランジスタサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部であり、通算の運転時間を積算するタイマー機能を有する。26はサイクル時間チェック選択部42の選択が無効の場合には、トランジスタサイクル時間温度変化幅熱ストレス演算部24及びトラ

ンジスタサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部 2 5 の出力とあらかじめ設定されたトランジスタ 1 0 7 固有の寿命から求められた許容熱ストレス回数と比較してトランジスタ 1 0 7 が疲労に達したか否かを判定し、有効の場合にはトランジスタサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部 2 4 及びトランジスタサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部 2 5 の出力に基いて算出したサイクル時間当りの熱ストレス回数と期待寿命時間設定手段 4 0 で設定された期待寿命時間から求められたサイクル時間当り許容熱ストレス回数とを比較し、トランジスタ 1 0 7 の寿命が期待寿命時間を越えていないかを判定するトランジスタサイクル時間寿命判定部である。2 7 はサイクル時間チェック選択部 4 2 の選択が有効の場合、トランジスタサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部 2 4 及びトランジスタサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部 2 5 の出力に基いて算出したサイクル時間当りの熱ストレス回数よりトランジスタ 1 0 7 の運転可能寿命を推定するトランジスタ寿命推定部である。また、3 4 はダイオードサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部、3 5 はダイオードサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部、3 6 はダイオードサイクル時間寿命判定部、3 7 はダイオード寿命推定部であり、これら 3 4 ~ 3 7 については、上記トランジスタサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部 2 4、トランジスタサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部 2 5、トランジスタサイクル時間寿命判定部 2 6、トランジスタ寿命判定部 2 7 のトランジスタをダイオードに置き換えたものであり、同様の働きであるので説明は省略する。

【0 0 3 6】図 5 は、図 4 のトランジスタサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部 2 4 及びダイオードサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部 3 4 における演算のフローチャートである。以下、この発明の実施例 2 の演算部 2 4、3 4 のうち、トランジスタ 1 0 7 を例として説明をする。まず、ステップ 4 2 0 より図 4 のサイクル時間チェック選択部 4 2 の選択が有効か無効かをチェックする。ここで、YES の有効の場合にはステップ 4 2 1 で引き続き、サイクル時間チェック処理中 1 フラグ ON をチェックし、NO (OFF) の場合にはステップ 4 2 2 に於てサイクル時間確認のため、タイマの時間 t を初期化してカウントを開始するとともに、トランジスタ温度変化率熱ストレス回数 S_{t_i} をサイクル時間当りのトランジスタ温度変化率熱ストレス回数の初期値 $S_{t_{i1}}$ としてセットし、サイクル時間チェック処理中 1 フラグを ON とする。またステップ 4 2 0 で NO の無効の場合及びステップ 4 2 1 で YES (ON) の場合には無処理でステップ 4 2 3 に進む。

【0 0 3 7】次いで、図 5 のステップ 4 2 3 によりトランジスタ温度推定部 2 0 で推定したトランジスタ 1 0 7 のジャンクション温度 T_j が最大または最小かをチェックし、最大または最小でない NO の場合は無処理でエン

ドに抜ける。ここで、ステップ 4 2 3 が YES となると、ステップ 4 2 4 により図 1 1 のステップ 4 1 2 ないしステップ 4 1 4 と同様に 1 回の温度変化幅 ΔT_{j1} を算出し、1 回の温度変化幅に対する熱ストレス回数 ΔS_{t1} を算出するとともに、積算値であるトランジスタ温度変化率熱ストレス回数 S_{t_i} を演算する ($S_{t_i} \leftarrow S_{t_i} + \Delta S_{t1}$)。

【0 0 3 8】次いで、ステップ 4 2 5 でサイクル時間チェック選択部 4 2 の選択が有効か無効かをチェックし、無効の NO の場合は無処理でエンドに抜ける。ここで、有効の YES の場合は、ステップ 4 2 6 によりカウントしている t が図 4 のサイクル時間設定部 4 1 で設定されたサイクル時間 t_c に達したかどうかチェックし、 $t < t_c$ の場合には無処理でエンドに抜ける。又、 $t \geq t_c$ の場合には、次のステップ 4 2 7 に進みトランジスタ温度変化率熱ストレス回数 S_{t_i} をサイクル時間 t_c 運転後のトランジスタ温度変化率熱ストレス回数 $S_{t_{i1}}$ としてセットするとともに、サイクル時間当りのトランジスタ温度変化率熱ストレス回数 $S_{t_{i1}}$ として、上記 $S_{t_{i1}}$ と $S_{t_{i1}}$ との差を求め、 $S_{t_{i1}}$ 、 $S_{t_{i1}}$ とを図 4 のトランジスタサイクル時間寿命判定部 2 6 に送信するとともに、サイクル時間チェック処理中 1 フラグを OFF とする。

【0 0 3 9】図 6 は、図 4 のトランジスタサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部 2 5 及びダイオードサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部 3 5 における演算のフローチャートである。以下、この発明の実施例 2 の演算部 2 5、3 5 の動作のうち、図 8 のトランジスタ 1 0 7 を例として説明する。まず、ステップ 5 2 0 により図 4 のサイクル時間チェック選択部 4 2 の選択が有効か無効かをチェックする。ここで、有効の YES の場合にはステップ 5 2 1 により引き続き、サイクル時間チェック処理中 2 フラグ ON をチェックし、NO (OFF) の場合にはステップ 5 2 2 によりサイクル時間確認のため、時間 t を初期化してカウントを開始するとともに、トランジスタ温度変化率熱ストレス回数 S_{t_i} をサイクル時間当りのトランジスタ温度変化率熱ストレス回数の初期値 $S_{t_{i1}}$ としてセットし、サイクル時間チェック処理中 2 フラグを ON とする。またステップ 5 2 0 で無効の NO の場合およびステップ 5 2 1 で YES (ON) の場合には無処理でステップ 5 2 3 に進む。

【0 0 4 0】次いで、ステップ 5 2 3 により図 3 のステップ 5 0 1 ないしステップ 5 0 4 と同様に、温度変化率 ΔT_{j1} を算出し、温度変化率 ΔT_{j1} に対する熱ストレス回数 ΔS_{t1} を算出するとともに、積算値であるトランジスタ温度変化率熱ストレス回数 S_{t_i} を演算する ($S_{t_i} \leftarrow S_{t_i} + \Delta S_{t1}$)。

【0 0 4 1】次いで、ステップ 5 2 4 でサイクル時間チェック選択部 4 2 の選択が有効か無効かをチェックし、無効の NO の場合は無処理でエンドに抜ける。ここで、

有効のYESの場合は、ステップ525によりカウントしている t がサイクル時間 t_c に達したかどうかチェックし、 $t < t_c$ の場合には無処理でエンドに抜ける。

又、 $t \geq t_c$ の場合には、ステップ526へと進みトランジスタ温度変化率熱ストレス回数 $S_{t,r}$ をサイクル時間 t_c 、運転後のトランジスタ温度変化率熱ストレス回数 $S_{t,r}$ としてセットするとともに、サイクル時間当りのトランジスタ温度変化率熱ストレス回数 $S_{t,r}$ として、上記 $S_{t,r}$ と $S_{t,r}$ との差を求め、 $S_{t,r}$ 、 $S_{t,r}$ とを図4のトランジスタサイクル時間寿命判定部26に送信するとともに、サイクル時間チェック処理中2フラグをOFFとする。

【0042】図7は、図4のトランジスタサイクル時間寿命判定部26及びダイオードサイクル時間寿命判定部36の寿命判定のフローチャートである。以下、この発明の実施例2の判定部26、36のうち、トランジスタ107を例として説明する。まず、ステップ600により図4のサイクル時間チェック選択部42の選択が有効か無効かをチェックする。ここで、有効のYESの場合には引き続きステップ601によりサイクル時間チェック処理中3フラグONかをチェックし、NO (OFF)の場合にはステップ602によりサイクル時間確認のためタイマの時間 t を初期化してカウントを開始するとともに、サイクル時間チェック処理中3フラグをONする。次いで、ステップ603でカウントしている t がサイクル時間 t_c に達したかどうかチェックし、 $t < t_c$ の場合には無処理でエンドに抜ける。ここで、 $t \geq t_c$ となった場合に次のステップ604が実行される。即ちこのステップは、トランジスタサイクル時間温度変化幅熱ストレス演算部24及びトランジスタサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部25から出力されたトランジスタ温度変化幅熱ストレス回数 $S_{t,r}$ 、サイクル時間当りのトランジスタ温度変化幅熱ストレス回数 $S_{t,r}$ 、トランジスタ温度変化率熱ストレス回数 $S_{t,r}$ 及びサイクル時間当りのトランジスタ温度変化率熱ストレス回数 $S_{t,r}$ を取込み、サイクル時間当りのトランジスタ熱ストレス回数 S_t を、 $S_t = S_{t,r} + S_{t,r}$ として算出する。次に、図4の期待寿命時間設定部40で設定された期待寿命時間 t_e とサイクル時間設定部41で設定されたサイクル時間 t_c とあらかじめ設定されたトランジスタ107の固有の寿命から求められたトランジスタ許容熱ストレス回数 $S_{t,r}$ とトランジスタ温度変化幅熱ストレス回数 $S_{t,r}$ 及びトランジスタ温度変化率熱ストレス回数 $S_{t,r}$ と、通算の運転時間 t から、下式によりトランジスタのサイクル時間当り許容熱ストレス回数 $S_{t,r}$ を求め、
$$S_{t,r} = \{ S_{t,r} - (S_{t,r} + S_{t,r}) \} \times (t_e / t - t_c)$$

サイクル時間チェック処理中3フラグをOFFすることになる。

【0043】次にステップ605にて、サイクル時間当りのトランジスタ熱ストレス回数 S_t が、トランジスタのサイクル時間当り許容熱ストレス回数 $S_{t,r}$ を越えていないかをチェックし、 $S_t < S_{t,r}$ の場合には、無処理でエンドに抜け、 $S_t \geq S_{t,r}$ の場合にはステップ606によりサイクル時間 t_c として設定した運転を継続した場合のトランジスタ107の寿命が期待寿命時間 t_e だけの使用が出来ないことになるので、図4の表示部140に対してのアラーム表示指令などアラーム処理を行う。

【0044】上記ステップ600のサイクル時間チェック選択部42の選択がNOの無効となっている場合には、ステップ610により図4のトランジスタサイクル時間温度変化幅熱ストレス演算部24及びトランジスタサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部25で算出したトランジスタ温度変化幅熱ストレス回数 $S_{t,r}$ 及びトランジスタ温度変化率熱ストレス回数 $S_{t,r}$ よりトランジスタの熱ストレス回数 S_t を求める ($S_t = S_{t,r} + S_{t,r}$)。

【0045】次に、ステップ611によりトランジスタの熱ストレス回数 S_t とあらかじめ設定されたトランジスタ107の固有の寿命から求められたトランジスタ許容熱ストレス回数 $S_{t,r}$ とを比較し、 $S_t < S_{t,r}$ の場合には、無処理でエンドに抜け、 $S_t \geq S_{t,r}$ の場合にはステップ612により図4の表示部140に対してのアラーム表示指令などアラーム処理を行う。

【0046】図4のトランジスタ寿命推定部27の処理について以下説明する。あらかじめ設定されたトランジスタ107の固有の寿命から求められたトランジスタ許容熱ストレス回数 $S_{t,r}$ と、トランジスタ温度変化幅熱ストレス回数 $S_{t,r}$ 、サイクル時間当りのトランジスタ温度変化幅熱ストレス回数 $S_{t,r}$ とトランジスタ温度変化率熱ストレス回数 $S_{t,r}$ 、サイクル時間当りのトランジスタ温度変化率熱ストレス回数 $S_{t,r}$ 、サイクル時間設定部41で設定されたサイクル時間 t_c とを使用し、下式により運転可能寿命 t_e を推定し、
$$t_e = \{ S_{t,r} - (S_{t,r} + S_{t,r}) \} / (S_{t,r} + S_{t,r}) \times t_c$$

表示部140に対して出力する。上記のように、サイクル時間当りのトランジスタ温度変化幅熱ストレス回数とサイクル時間当りトランジスタ温度変化率熱ストレス回数をもとにトランジスタのサイクル時間当りの許容熱ストレス回数と比較し、トランジスタの寿命が期待寿命だけの使用が出来るか否かの判定及びまたトランジスタの運転可能寿命を推定するようにしたので、トランジスタに流れる電流の急激な変化によりトランジスタとヒートスプレッド間に発生する温度差をも考慮した正確なトランジスタの期待寿命までの使用の可否判定及びトランジスタの運転可能寿命の推定ができるようになる。

【0047】上記では、電力用半導体素子のトランジス

タ 107 について説明したがダイオード 105 及び 108 についても同様であり、説明を省略する。

【0048】又、上記実施例ではトランジスタサイクル時間寿命判定部 26 とトランジスタ寿命推定部 27 とを独立したものとして、直列に接続した例を示したが、単独でもよく、又並列に接続してもよく、又トランジスタサイクル時間寿命判定部 26 の寿命判定とトランジスタ寿命推定部 27 の寿命推定とを合せて行い、結果を同時に表示するようにしてもよい、又、この場合トランジスタサイクル時間寿命判定部 26 とトランジスタ寿命推定部 27 とを合せて一つの処理部としても同等の効果が得られる。

【0049】又、上記実施例では期待寿命時間設定部 40、サイクル時間設定部 41 及びサイクル時間チェック選択部 42 の設定データを一旦設定データ記憶部 43 に記憶する例を示したが、期待寿命時間設定部 40、サイクル時間設定部 41 及びサイクル時間チェック選択部 42 を例えばカウンタ、ボリュームなどを利用し、トランジスタサイクル時間温度変化幅熱ストレス演算部 24、トランジスタサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部 25、トランジスタサイクル時間寿命判定部 26 及びトランジスタ寿命推定部 27 等を処理時に直接設定データを見にいくようにしてもよい。

【0050】又、上記実施例ではトランジスタ許容熱ストレス回数 $S_{t...}$ をあらかじめ設定されたトランジスタ 107 の固有の寿命から求めるものとしたが、トランジスタ許容熱ストレス回数 $S_{t...}$ としてあらかじめ設定しておいてもよく、入力手段を利用して設定してもよい。

【0051】又、上記実施例では電流検出部 110 としてインバータ部の出力電流 3 相分を検出した例を示したが、2 相分の出力電流を検出し、他の 1 相分を算出して求めても同等の効果が得られる。更に、簡便な方法としては各相等価であるとして、1 相分の出力電流を検出することも可能である。

【0052】更に、上記実施例ではインバータ部の出力電流を検出した例を示したが、電力用半導体素子に流れる電流に応じた電流を検出出来ればよく、電流検出部はインバータ部の入力側の直流母線に設けてもよく、又直接電力半導体素子に流れる電流を検出するようにしてもよい。

【0053】又、上記実施例では放熱フィンの温度を検出した例を示したが、電力用半導体素子に発生した熱に応じた温度を検出することが出来ればよく、温度検出部を例えば配線板上とか電力用半導体素子の近傍などに設けてもよい。

【0054】又、上記実施例では電力用半導体素子として、トランジスタ及びダイオードの例を示したが、サイリスタ、GTO (ゲート ターン オフ サイリスタ)、MOS FET (Metal oxide se

miconductor field effect transistor) 等においても同様である。

【0055】又、上記実施例では 3 相インバータ装置について説明したが、単相インバータ装置や多相インバータ装置にも同様に実施することが出来、インバータ装置以外の例えば直流電源装置等にも実施することが出来る。

【0056】

【発明の効果】以上のように、この発明のインバータ装置によれば、寿命判定手段は、電力用半導体素子の推定温度の変化における振幅に基いて電力用半導体素子の熱ストレスを演算・積算する温度変化幅熱ストレス演算手段及び電力用半導体素子の推定温度の変化における割合に基いて電力用半導体素子の熱ストレスを演算・積算する温度変化率熱ストレス演算手段の出力を電力用半導体素子の固有の許容熱ストレスと使用して、電力用半導体素子の寿命を演算するので、電力用半導体素子に流れる電流の急激な変化による電力用半導体素子とヒートスプレッタ間に発生する温度差にも考慮したより正確な電力用半導体素子の寿命の演算が可能となる。

【0057】また、この発明のインバータ装置によれば、設定時間当り寿命判定手段は、寿命時間を比較する運転時間を設定する運転時間設定手段で設定された設定時間毎に電力用半導体素子の推定温度の変化における振幅に基いて電力用半導体素子の熱ストレスを演算する設定時間当り温度変化幅熱ストレス演算手段及び運転時間設定手段で設定された設定時間毎に温度の変化における割合に基いて電力用半導体素子の熱ストレスを演算する設定時間当り温度変化率熱ストレス演算手段の出力に基いて算出した設定時間当りの熱ストレスと期待寿命時間設定手段で設定された電力用半導体素子の期待寿命時間から求められた設定時間当りの許容熱ストレスとを比較するようにしたので、設定時間の運転で期待寿命時間だけ運転可能か否かの判定が可能となり、インバータ装置の負荷状況及び使用頻度など使用方法を改善するなどの延命処置が可能となる。

【0058】更に、この発明のインバータ装置によれば、寿命推定手段は、寿命時間を比較する運転時間を設定する運転時間設定手段で設定された設定時間毎に電力用半導体素子の推定温度の変化における振幅に基いて電力用半導体素子の熱ストレスを演算する設定時間当り温度変化幅熱ストレス演算手段及び運転時間設定手段で設定された設定時間毎に電力用半導体素子の推定温度の変化における割合に基いて電力用半導体素子の熱ストレスを演算する設定時間当り温度変化率熱ストレス演算手段の出力に基いて電力用半導体素子の運転可能寿命を推定するようにしたので、電力用半導体素子またはインバータ装置の交換時期の予測が可能となる。

【0059】更に、この発明のインバータ装置によれば、運転時間チェック選択手段は、寿命時間を比較する

運転時間を設定する運転時間設定手段で設定された設定時間における電力用半導体素子の寿命の判定または寿命の推定の少くとも1つを実効するか電力用半導体素子の積算した熱ストレスにより電力用半導体素子の寿命の判定をするか選択できるようにし、更に設定時間当り温度変化幅熱ストレス演算手段、設定時間当り温度変化率熱ストレス演算手段及び設定時間当り寿命判定手段は運転時間チェック選択手段の選択により設定時間当りの熱ストレスと積算した熱ストレスとの両者を扱えるようにしたので、例えばインバータ装置の使用方法を決定した時とか変更した時に設定時間当りの熱ストレスを使用して期待寿命時間設定手段で設定された電力用半導体素子の期待寿命時間から求められた設定時間当りの許容熱ストレスとの比較により設定時間の運転で期待寿命時間だけ運転可能か否かの判定または電力用半導体素子の運転可能寿命の推定を行い、インバータ装置の使用方法を変更せずに運転する場合に積算した熱ストレスを使用して電力用半導体素子が寿命となったか否かの判定を行うなど適宜使い分けが可能となり、インバータ装置の使用方法を決定した時とか変更した時に、インバータ装置の負荷状況及び使用頻度など使用方法を改善するなどの延命処置ができるとともに、電力用半導体素子またはインバータ装置の交換時期ができ、一旦決められた使用方法で運転する場合に電力用半導体素子の寿命の判定ができるという、経過に対応した電力用半導体素子の寿命管理が可能となる。

【0060】更に、この発明のインバータ装置によれば、寿命判定手段、設定時間当り寿命判定手段または寿命推定手段の出力を表示する表示手段を備え、電力用半導体素子の寿命、また設定時間の運転で期待寿命だけ運転可能か否か、また設定時間の運転における運転可能寿命が容易に判断できるようにしたので、寿命の判定が可能となると共に、インバータ装置の使用方法的改善などの延命処理及びインバータ装置の交換時期の予測が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施例1による電力用半導体素子の寿命を判定する制御部の構成図である。

【図2】 この発明の実施例1によるインバータ装置の運転、停止に伴う電力用半導体素子のジャンクション温度 T_j 及び温度変化率 $|dT_j/dt|$ の変化の一例を示すグラフである。

【図3】 この発明の実施例1によるトランジスタ温度変化率熱ストレス演算部及びダイオード温度変化率熱ストレス演算部の演算のフローチャートである。

【図4】 この発明の実施例2による電力用半導体素子の寿命を判定又は推測する制御部の構成図である。

【図5】 この発明の実施例2によるトランジスタサイクル時間温度変化幅熱ストレス演算部及びダイオードサイクル時間温度変化幅熱ストレス演算部の演算のフロー

チャートである。

【図6】 この発明の実施例2によるトランジスタサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部及びダイオードサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部の演算のフローチャートである。

【図7】 この発明の実施例2によるトランジスタサイクル時間寿命判定部及びダイオードサイクル時間寿命判定部の寿命判定のフローチャートである。

【図8】 従来並びにこの発明に共通なインバータ装置の構成図である。

【図9】 従来のインバータ装置において、電力用半導体素子の寿命を判定する制御部の構成図である。

【図10】 インバータ装置の運転、停止に伴う電力用半導体素子のジャンクション温度 T_j の変化の一例を示す図である。

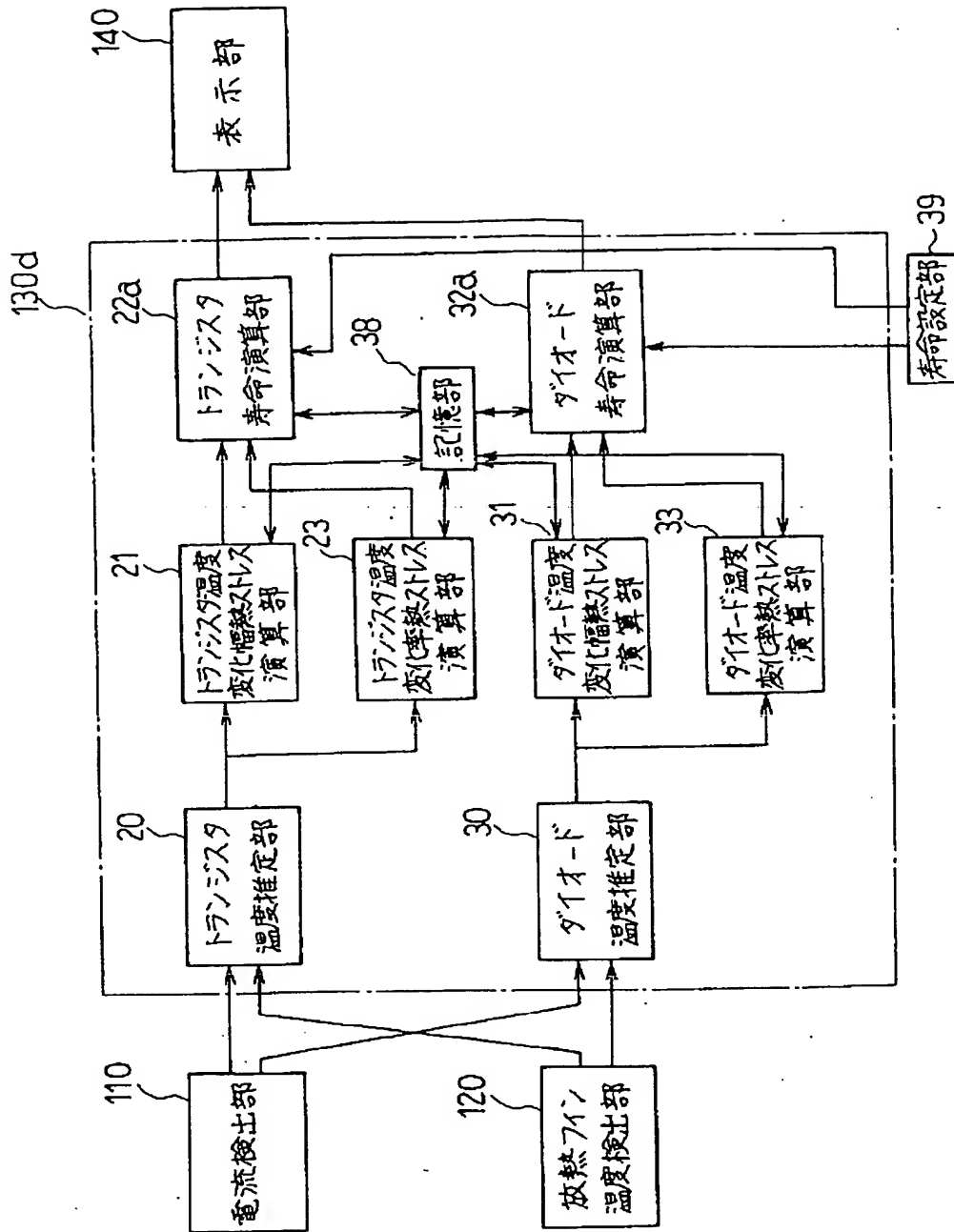
【図11】 従来のトランジスタ温度変化幅熱ストレス演算部及びダイオード温度変化幅熱ストレス演算部の演算のフローチャートである。

【図12】 従来並びにこの発明に共通なインバータ装置の主回路部を構成するトランジスタの実装における要部拡大図である。

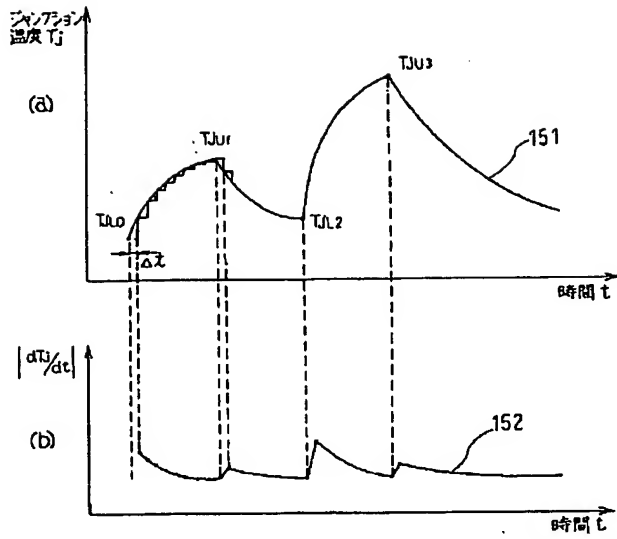
【符号の説明】

20 トランジスタ温度推定部、21 トランジスタ温度変化幅熱ストレス演算部、22 トランジスタ寿命判定部、22a トランジスタ寿命演算部、23 トランジスタ温度変化率熱ストレス演算部、24 トランジスタサイクル時間温度変化幅熱ストレス演算部、25 トランジスタサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部、26 トランジスタサイクル時間寿命判定部、27 トランジスタ寿命推定部、30 ダイオード温度推定部、31 ダイオード温度変化幅熱ストレス演算部、32 ダイオード寿命判定部、32a ダイオード寿命演算部、33 ダイオード温度変化率熱ストレス演算部、34 ダイオードサイクル時間温度変化幅熱ストレス演算部、35 ダイオードサイクル時間温度変化率熱ストレス演算部、36 ダイオードサイクル時間寿命判定部、37 ダイオード寿命推定部、38、38a 記憶部、39、39a 寿命設定部、40 期待寿命時間設定部、41 サイクル時間設定部、42 サイクル時間チェック選択部、43 設定データ記憶部、100 インバータ装置、101 コンバータ装置、102 インバータ部、103 平滑回路部、104 主回路部、105 ダイオード、106 平滑コンデンサ、107 トランジスタ、108 帰還ダイオード、110 電流検出部、120 温度検出部、130、130a、130b 制御部、131 トランジスタ駆動部、140 表示部、160 ヒートスプレッド、161 接合部材、162 ボンディングワイヤ、163 配線板、164 リード、165 放熱フィン、200 交流電源、300 誘導電動機。

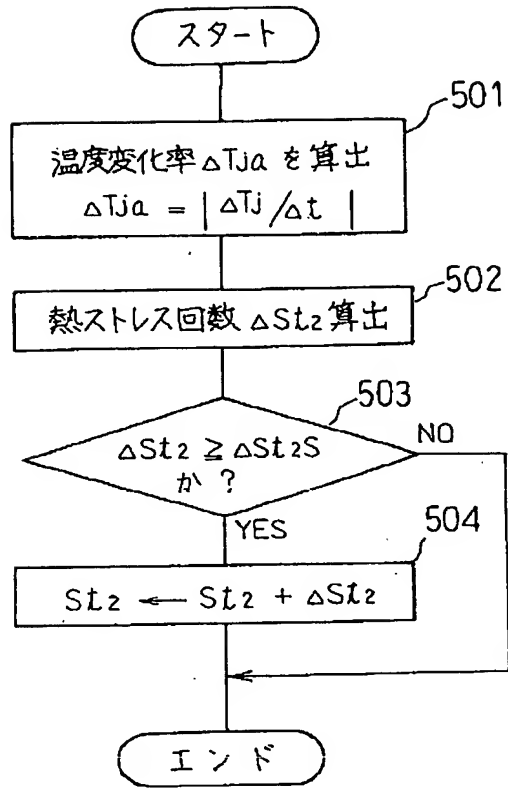
【図 1】



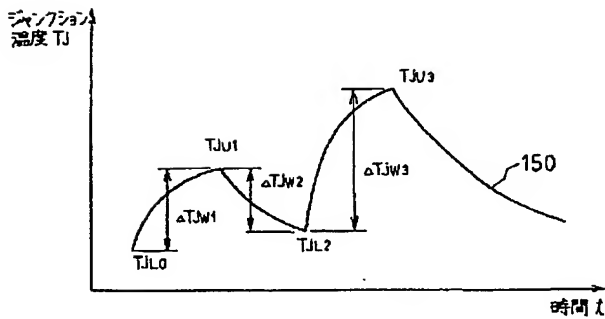
【図 2】



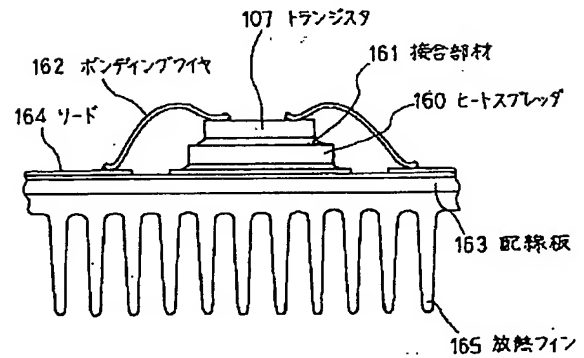
【図 3】



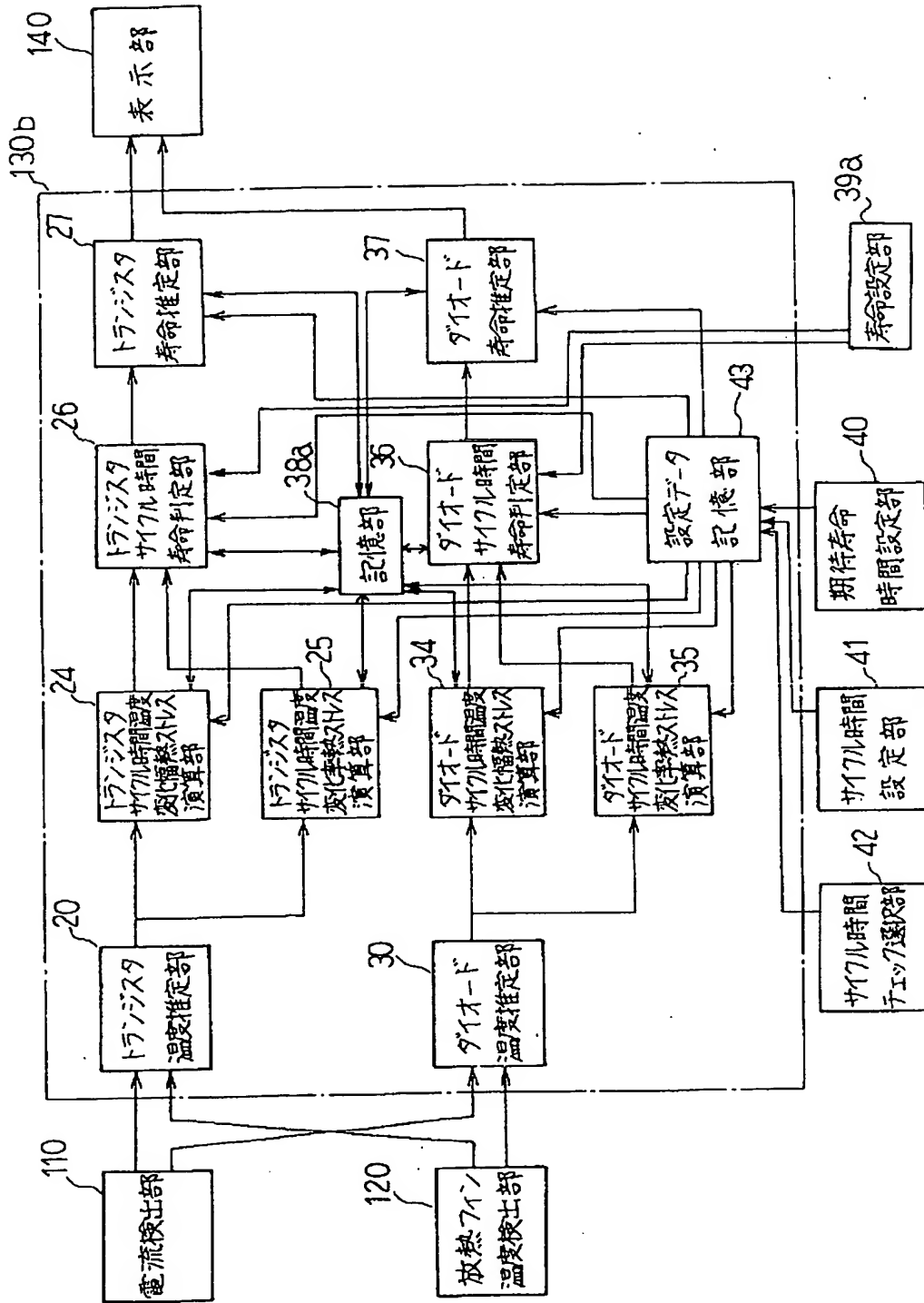
【図 10】



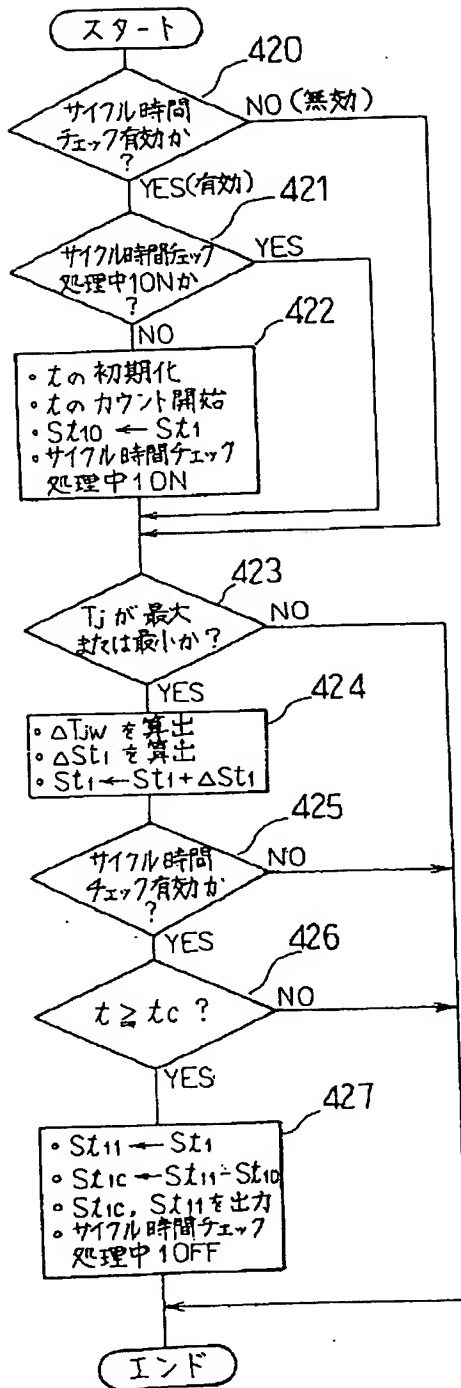
【図 12】



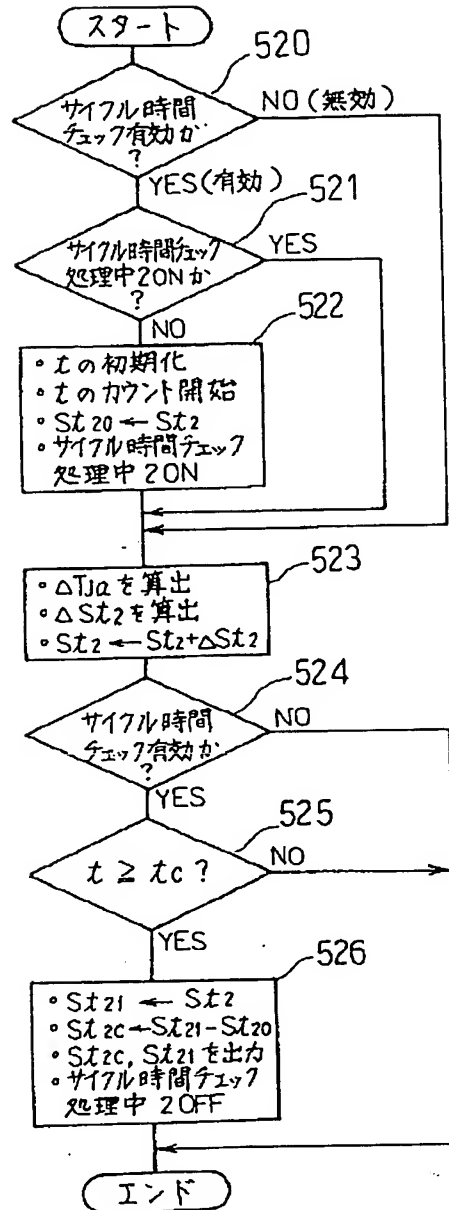
【図 4】



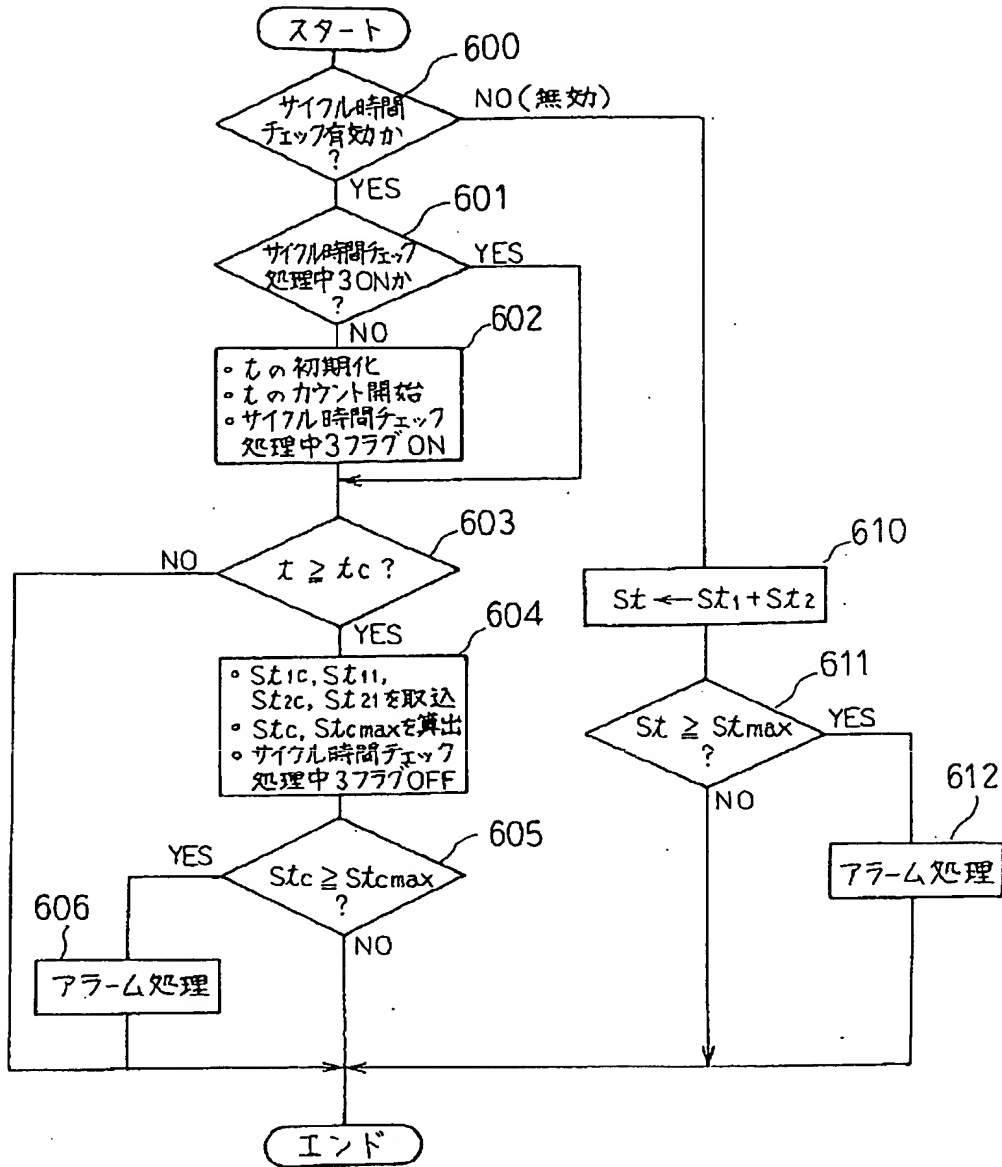
【図5】



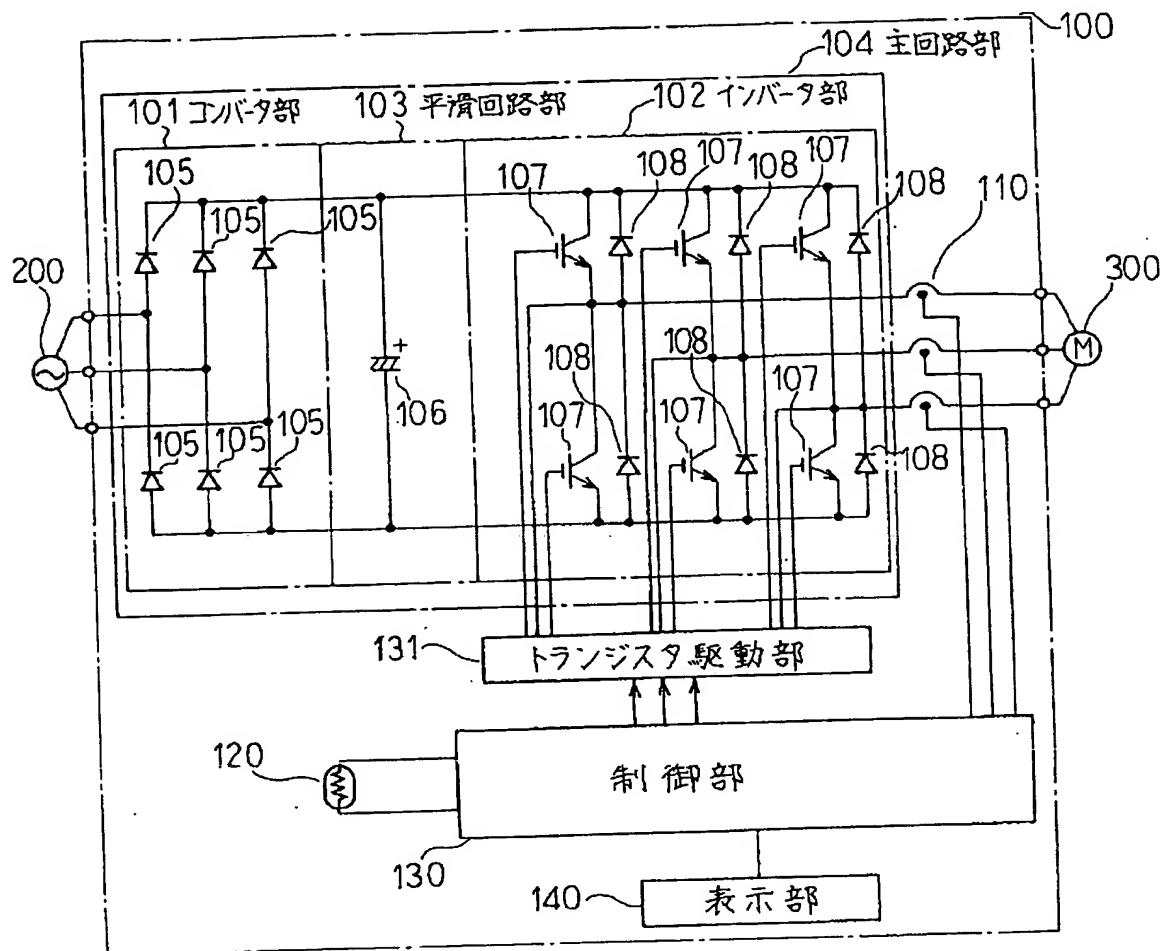
【図6】



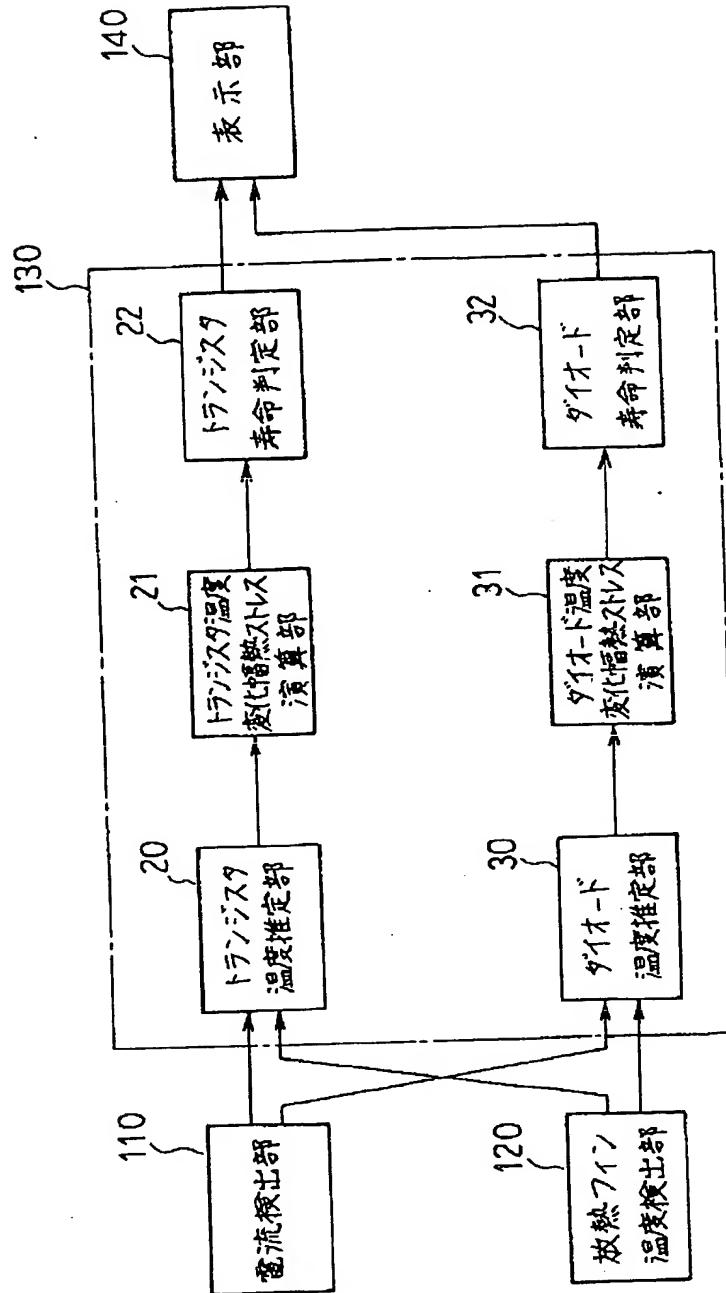
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【図 1 1】

